

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-160635

(43)Date of publication of application : 18.06.1999

(51)Int.Cl.

G02B 26/08
B41J 2/44
G09F 9/30

(21)Application number : 09-337807

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 21.11.1997

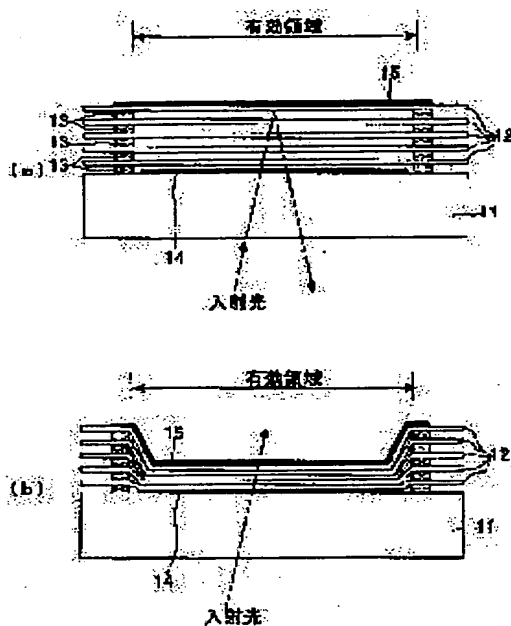
(72)Inventor : SUZUKI YOSHIHIKO

(54) OPTICAL ELEMENT AND MANUFACTURING METHOD THEREOF AND DEVICE USING IT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical element little restricted in light quantity of incident light with little changes due to the elapse of time even if the structure body is exothermic with heat generated by irradiation of light.

SOLUTION: Peripheral parts of predetermined effective areas of respective thin films 12 are supported on a substrate 11 via supporting parts 13 so that the effective areas of respective thin films 12 are superimposed with a space between each other. The plural thin films 12 show a predetermined optical characteristic as a whole. An electrode layer 14 is formed on the substrate 11 under the effective area of the plural thin films 12. An electrode layer 15 is formed on the uppermost thin film 12. When a voltage impressed between the electrodes 14, 15, the effective areas of respective thin films 12 are attracted to the substrate 11 by the electrostatic force generated between the electrodes 14, 15, and all the spaces between the plural thin films are substantially lost in the effective areas, and the plural thin films are changed in optical characteristic as a whole.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

24.09.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C): 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] So that each predetermined service area may open spacing mutually on said substrate and may lap with a substrate Two or more thin films which the peripheries of the service area concerned of each are two or more thin films supported through the supporter to said substrate, and said service area of two or more thin films concerned shows a predetermined optical property as a whole, Are two or more electrode layers and the electrostatic force which acts among these when electric field are impressed among electrode at least 2 of two or more electrode layers concerned is embraced. or [that at least one spacing in spacing between said two or more thin films is lost substantially] — or so that it may change The optical element characterized by having two or more electrode layers to which elastic deformation of at least one thin film in said two or more thin films is carried out, and the variation rate of said service area of the thin film concerned is carried out to said substrate.

[Claim 2] The optical element according to claim 1 characterized by spacing of two or more of said thin films forming an air space.

[Claim 3] The optical element according to claim 1 or 2 characterized by having formed electrode at least 1 of said two or more electrode layers on said substrate under said service area of two or more of said thin films, and forming other electrode at least 1 of said two or more electrode layers in said service area of the thin film located in the most distant location from said substrate of said service areas of two or more of said thin films.

[Claim 4] The optical element according to claim 1 to 3 characterized by said service area of two or more of said thin films having the tensile stress.

[Claim 5] The optical element according to claim 1 to 4 characterized by each of two or more of said thin films being a silicon nitride film.

[Claim 6] The optical element according to claim 1 to 5 to which said substrate is characterized by having translucency to a predetermined light.

[Claim 7] The optical element according to claim 1 to 6 characterized by having stationed the unit element child concerned the shape of-dimensional [1], and in the shape of two-dimensional to said substrate considering two or more of said said service area and said two or more electrode layers of a thin film as one unit element child.

[Claim 8] The manufacture approach of the optical element characterized by having the phase which forms the layered product which is the manufacture approach of manufacturing an optical element according to claim 1 to 7, and consists of said two or more electrode layers, two or more sacrifice layers which should form said spacing, and said two or more thin films on said substrate, the phase which forms said supporter, and the phase of removing said two or more sacrifice layers.

[Claim 9] The projection mold display characterized by said at least one space light modulation element being an optical element according to claim 7 in the projection mold display which projects the light modulated by one space light modulation element even if it had at least one space light modulation element and there was none of these **.

[Claim 10] Laser beam printer equipment characterized by said optical modulator being an optical element according to claim 7 in the laser beam printer equipment which irradiates the laser beam modulated with the optical modulator at a photoconductor drum.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the equipment which used the optical element concerned for the optical element which controls optical properties, such as the reflection property of light, and a transparency property, and its manufacturing method, and a list.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, researches and developments of various minute machines are actively done using the semi-conductor manufacturing technology. The result of research is utilized also about the optical element which integrated the minute micro size mirror in the field.

[0003] With the microoptics component reported conventionally, many metal mirrors of about ten-micrometer angle are accumulated on a substrate side, it drives according to the electrostatic force between the electrode which prepared these mirrors on the substrate, and a mirror, the include angle of a mirror is changed, and the method which controls whenever [angle-of-reflection / of the incident light by each mirror] is used (for example, Larry J. Hornbeck, Technical Digest of the 14th Sensor Symposium, 1996, pp 297-304).

[0004] Drawing 8 is drawing showing typically the outline cross-section structure of such a conventional microoptics component. Electrode layer 2a and 2b are prepared on a substrate 1, and the movable mirror section 4 supported with the torsion hinge 3 is formed on this electrode layer 2a and 2b. This movable mirror section 4 consists of reflective mirrors 7 which consist of a drive electrode layer 5 by which the center section was supported with the torsion hinge, and a metal thin film with which the center section was connected with this drive electrode layer 5 through the postsection 6. If an electrical potential difference is impressed to electrode layer 2a of one side, the amount of [of the drive electrode layer 5] electrode layer 2a flank can draw near to a substrate 1 side, a turning effort centering on the torsion hinge 3 will occur, and the reflective mirror section 7 will incline. The reflective direction of the light which carried out incidence to the reflective mirror section 7 by this is controlled. This optical element is used by projecting on a screen only the light reflected in the specific reflective direction as a space light modulation element (light valve) for projection mold indicating equipments (projector).

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, since a center section is [only being supported in post 6, and] and it is easy to produce deformation of the reflective mirror 7 concerned curving by generation of heat by optical exposure temporarily, the reflective mirror 7 which consists of a metal thin film in the conventional optical element as shown in drawing 8 mentioned above has large constraint of the reinforcement of incident light. moreover, in the conventional optical element as shown in drawing 8 mentioned above Since the reflective mirror 7 which consists of a metal thin film is [that the center section is only supported in post 6, and] Even if the reinforcement of incident light is not so large, when the stress by generation of heat of the reflective mirror 7 by optical exposure is accumulated with time, it is easy to produce deformation of the reflective mirror 7 concerned curving, and easy to produce deformation of the reflective mirror 7 curving also with time.

[0006] This invention was made in view of such a situation, its constraint of the quantity of light of incident light is small, and even if generation of heat of the structure produced in an optical exposure arises, aging aims at offering the equipment which used the optical element concerned for few optical element and its manufacture approach list.

[0007]

[Means for Solving the Problem] In order to solve said technical problem, the optical element by the 1st mode of this invention So that each predetermined service area may open spacing mutually on said substrate and may lap with a substrate Two or more thin films which the peripheries of the service area concerned of each are two or more thin films supported through the supporter to said substrate, and said service area of two or more thin films concerned shows a predetermined optical property as a whole, Electrostatic force which is two or more electrode layers, and acts among these when electric field are impressed among electrode at least 2 of two or more electrode layers concerned (even if it is a suction force) repulsive force -- you may be -- or [that at least one spacing in spacing between said two or more thin films is substantially lost by responding] -- or so that it may change It has two or more electrode layers to which elastic deformation of at least one thin film in said two or more thin films is carried out, and the variation rate of said service area of the thin film concerned is carried out to said substrate.

[0008] According to this 1st mode, since the service area of two or more of said thin films opened spacing mutually and has lapped, these also including the part of spacing show a predetermined optical property as a whole like well-known optical multilayers. And if electric field are impressed between [of said two or more electrode layers] at least two electrode layers or [that at least one spacing in spacing between said two or more thin films is substantially lost by at least one thin film in said two or more thin films carrying out elastic deformation, and said service area of the thin film concerned displacing to said substrate according to the electrostatic force which acts among these] -- or it changes. For this reason, according to that magnitude, the optical property of two or more of said whole thin films will change with impression (namely, impression of the electrical potential difference or potential to an electrode layer) of electric field.

[0009] Thus, according to said 1st mode, the principle of optical multilayers and the variation rate of the thin film by electrostatic force are united skillfully, and can control the optical property obtained by control of impression of the electrical potential difference to said two or more electrode layers, or potential.

[0010] By defining suitably two or more of said numbers, refractive indexes, thickness, spacing, etc. of a thin film, the various optical properties according to the purpose can be set up, for example, the transparency property (or reflection property) over the incident light of a predetermined wavelength field can be mentioned as known in optical multilayers as said optical property. In addition, although the monolayer by the single ingredient is sufficient as each thin film, it may consist of two or

more layers depended on two or more ingredients.

[0011] Moreover, the control and the continuous control (for example, gradual control and continuous control of permeability) more than a three-stage are also possible for control of said optical property by it not only changing two conditions (for example, a transparency condition and a reflective condition), but setting up suitably selection of the electrode layer which impresses the number of said two or more electrode layers, arrangement, applied voltage, or the magnitude and the electrical potential difference of impression potential etc.

[0012] And in said 1st mode, that the periphery of the service area of two or more of said thin films should just be supported by the supporter, the whole periphery of the service area concerned does not necessarily need to be supported, for example, only the part of the side of the pair in the periphery of the service area concerned which counters may be supported. In said 1st mode, since the periphery of the service area of two or more of said thin films is supported and it is hard to produce deformation of the thin film concerned curving even if the reinforcement of incident light is high and generation of heat of the thin film concerned by the optical exposure is comparatively large, there is no constraint in the reinforcement of incident light so much. Moreover, in said 1st mode, since the periphery of the service area of two or more of said thin films is supported, even if the stress by generation of heat of the thin film concerned by optical exposure is accumulated with time, it is hard to produce deformation of the thin film concerned curving, and hard to produce deformation of the thin film concerned curving also with time.

[0013] the 2nd voice of this invention — the optical element depended like — said 1st voice — in the optical element depended like, spacing of two or more of said thin films forms an air space.

[0014] In this 2nd mode, since spacing of a thin film forms the air space, component structure becomes easy and becomes cheap. But the optical element concerned is held in a predetermined container, and you may make it spacing of said thin film form a vacuum layer and a liquid layer by arranging in a vacuum and the liquid of a predetermined refractive index etc. in said 1st mode, for example.

[0015] In the optical element according [the optical element by the 3rd mode of this invention] to said 1st or 2nd mode Electrode at least 1 of said two or more electrode layers is formed on said substrate under said service area of two or more of said thin films. Other electrode at least 1 of said two or more electrode layers is formed in said service area of the thin film located in the most distant location from said substrate of said service areas of two or more of said thin films.

[0016] This 3rd mode is the example of arrangement of two or more electrode layers which can be set in said 1st and 2nd modes. In this 3rd mode, if comparatively large electric field are impressed between the electrode layer formed on the substrate, and the electrode layer formed in the service area of the furthest thin film, for example It is drawn by the service area of the furthest thin film to a substrate, and by this, the service area of other thin films can also be drawn near to a substrate, all spacing between the service areas of two or more of said thin films of it can be lost substantially, and the service area of two or more thin films can be optically operated as simple gland as a whole. Therefore, change of the largest optical property can be obtained only by arranging two electrode layers, and it is desirable.

[0017] But in said 1st and 2nd modes, arrangement of two or more electrode layers is not what is limited to an example like this 3rd mode. For example, while forming an electrode layer on said substrate under said service area of two or more of said thin films, may form an electrode layer in the service area of one or more thin films (all thin films are sufficient) of the arbitration of said two or more thin films, respectively, and An electrode layer may be formed in the service area of two or more thin films (all thin films are sufficient) of the arbitration of said two or more thin films, respectively, without forming an electrode layer on a substrate.

[0018] In addition, when an electrode layer is formed on a substrate like this 3rd mode, the thin film located in the location nearest to a substrate may be directly formed on the electrode layer concerned, without opening an electrode layer and spacing concerned.

[0019] the 4th voice of this invention — the optical element depended like — said voice of either the 1st thru/or the 3rd either — in the optical element depended like, said service area of two or more of said thin films has the tensile stress.

[0020] According to this 4th mode, since said service area of two or more of said thin films has the tensile stress, when the electrostatic force concerned is lost after the service area of a thin film displaced according to electrostatic force, the service area concerned becomes easy to return to the original location automatically, and is desirable. But in said the 1st thru/or 3rd mode, the service area of two or more of said thin films does not necessarily need to have the tensile stress.

[0021] the 5th voice of this invention — the optical element depended like — said voice of either the 1st thru/or the 4th either — in the optical element depended like, each of two or more of said thin films is a silicon nitride film.

[0022] Although this 5th mode gives the example of two or more of said thin films, in said the 1st thru/or 4th mode, the ingredient of two or more of said thin films is not limited to silicon nitride.

[0023] the 6th voice of this invention — the optical element depended like — said voice of either the 1st thru/or the 6th either — in the optical element depended like, said substrate has translucency to a predetermined light.

[0024] When using the light which penetrated said two or more thin films, a substrate should just use what has translucency to the light concerned, such as glass, like this 6th mode. But when, using the light reflected by said two or more thin films for example, the substrate does not need to have translucency.

[0025] the 7th voice of this invention — the optical element depended like — said voice of either the 1st thru/or the 6th either — in the optical element depended like, the unit element child concerned is stationed the shape of-dimensional [1], and in the shape of two-dimensional to said substrate considering two or more of said said service area and said two or more electrode layers of a thin film as one unit element child.

[0026] although you may have only one unit element child in said the 1st thru/or 6th mode — this 7th voice — if two or more unit element children arrange-dimensional [1] or in the shape of two-dimensional so that like,-dimensional [1] or a two-dimensional space light modulation element can be obtained.

[0027] the 8th voice of this invention — the manufacture approach of the optical element depended like — said voice of either the 1st thru/or the 7th either — it is the manufacture approach of manufacturing the optical element depended like, and it has the phase which forms the layered product which consists of two or more of said electrode layers, two or more sacrifice layers which should form said spacing, and two or more of said thin films on said substrate, the phase which forms said supporter, and the phase remove two or more of said sacrifice layers.

[0028] this 8th mode — said the 1st thru/or 7th voice — although it is an example of the manufacture approach of the optical element depended like — this 8th voice — if the manufacture approach depended like is adopted, the optical element concerned can be manufactured using a semi-conductor manufacturing technology, and since the batch production is possible, it will become possible to offer a low price optical element.

[0029] Even if the projection mold display by the 9th mode of this invention is equipped with at least one space light modulation element and this ** cannot be found, in the projection mold display which projects the light modulated by one space light modulation element, said at least one space light modulation element is an optical element by said 7th mode.

[0030] The laser beam printer equipment by the 10th mode of this invention is an optical element according [said optical modulator] to said 7th mode in the laser beam printer equipment which irradiates the laser beam modulated with the optical modulator at a photoconductor drum.

[0031] said 9th and 10th modes — said 7th voice — although it is what shows the example of the application equipment of the optical element depended like — said 7th voice — it cannot be overemphasized that the optical element depended like can be used in other various equipments.

[0032]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the equipment which used it for the optical element by this invention and its manufacture approach list is explained with reference to a drawing.

[0033] First, the outline configuration and principle of the optical element by the gestalt of 1 operation of this invention are explained with reference to drawing 1.

[0034] Drawing 1 is the outline sectional view showing typically the principle of operation of the optical element by the gestalt of this operation, drawing 1 (a) shows the condition at the time of un-driving, and drawing 1 (b) shows the condition at the time of a drive.

[0035] The optical element by the gestalt of this operation is equipped with the substrate 11 which has translucency to the light (light of predetermined wavelength) which consists of glass etc., and to be used, two or more thin films 12, a supporter 13, and two or more electrode layers 14 and 15 as shown in drawing 1.

[0036] As shown in drawing 1 (a), the periphery of the predetermined service area of each of said thin film 12 is supported through the supporter 13 to the substrate 11 so that said service area of each thin film 12 may open spacing mutually and may lap on a substrate 11. With the gestalt of this operation, said service area is made into a rectangle field, and the whole periphery is supported by the supporter 13. But the configuration of a service area is not limited to a rectangle and may support only the part of the side of the pair in the periphery of said service area which counters, without supporting the whole periphery of said service area. Moreover, you may make it spacing between thin films 12 form a vacuum layer and a liquid layer with the gestalt of this operation by it holding the optical element concerned in a predetermined container, and arranging it in a vacuum and the liquid of a predetermined refractive index, although spacing between thin films 12 forms the air space etc. Furthermore, with the gestalt of this operation, the service area of each thin film 12 is supported by the supporter 13 so that it may have a tensile stress. But in this invention, the service area of each thin film 12 does not necessarily need to have the tensile stress.

[0037] According to whenever [wavelength / of the light to be used /, or its incident angle], an ingredient, thickness, a number, spacing, a period, etc. are defined so that a predetermined optical property may be shown as a whole also including said air space, as said two or more thin films 12 are known in optical multilayers. With the gestalt of this operation, two or more thin films 12 are set up so that the property of reflecting the light which carried out incidence from the rear face of a substrate 11 as a whole may be shown.

[0038] Said two or more electrode layers 14 and 15 embrace the electrostatic force which acts among these when electric field are impressed among electrode at least 2 of two or more electrode layers 14 and 15 concerned, or [that at least one spacing in spacing between said two or more thin films 12 is lost substantially] — or so that it may change It is arranged so that elastic deformation of at least one thin film 12 in said two or more thin films may be carried out and the variation rate of said service area of the thin film 12 concerned may be carried out to said substrate 11. With the gestalt of this operation, it has only two electrode layers 14 and 15 as two or more electrode layers, and the electrode layer 14 is formed on the substrate 11 under the service area of two or more thin films 12, and, specifically, the electrode layer 15 is formed in the top thin film 12 (thin film 12 located in the most distant location from a substrate 11). But in this invention, neither the number of two or more electrode layers nor arrangement is what is limited to an example like the gestalt of this operation. For example, while leaving the electrode layer 14 formed on the substrate 11 as it is, may form an electrode layer in the service area of one or more thin films 12 (all the thin films 12 are sufficient) of the arbitration of two or more thin films 12, respectively, and An electrode layer may be formed in the service area of two or more thin films 12 (all the thin films 12 are sufficient) of the arbitration of two or more thin films 12, respectively, without forming an electrode layer on a substrate 11.

[0039] In addition, said electrode layers 14 and 15 may be suitably divided into plurality, respectively. Moreover, with the gestalt of this operation, although spacing is opened between the lowest thin film 12 (thin film 12 located in the location nearest to a substrate 11), and the electrode layer 14, the lowest thin film 12 may be directly formed on the electrode layer 14.

[0040] Moreover, with the gestalt of this operation, what has translucency as electrode layers 14 and 15 to the light to be used is used. Specifically, the metal membrane (if thickness is fully thin even if it is a metal membrane, it has translucency, for example to the light) of thickness thin enough can be used as an electrode layer 15, using the ITO film as an electrode layer 14. But in this invention, either of the electrode layers 14 and 15 should just have translucency to the light to be used. For example, when only the electrode layer 15 has translucency and the electrode layer 14 does not have translucency, incidence of the incident light is carried out to the case where it is shown in drawing 1, and reverse, from the substrate 11 bottom, and the light which penetrated two or more thin films 12 forms the absorption film on the electrode layer 15 so that it may be absorbed, and should just use the light reflected by two or more thin films 12. In such a case, the substrate 11 of it not being necessary to have translucency to the light to be used is natural.

[0041] In according to the gestalt of this operation impressing an electrical potential difference between an electrode 14 and 15 or not impressing predetermined potential to electrodes 14 and 15, respectively (at namely, the time of un-driving) As mentioned above, each thin film 12 will be in the condition of having opened spacing mutually, the light which carried out incidence from the rear face of a substrate 11 will be reflected by two or more thin films 12 concerned, and two or more thin films 12 concerned will function as reflective film as a whole also including the air space between them.

[0042] If a comparatively high electrical potential difference is impressed between an electrode 14 and 15 so that an electrode 14 and the electric field which electrostatic force of gravitation produces among 15 may occur on the other hand, as shown in drawing 1 (b) It is drawn by the service area of the top thin film 12 to a substrate 11 according to the generated electrostatic force. By this, it can draw near to a substrate 11, and all spacing between the service areas of two or more thin films 12 of other thin films 12 will be lost substantially, they will function optically the service area of two or more thin films 12 as simple gland as a whole, and many of incident light will penetrate two or more thin films 12 for them. Under the present circumstances, as shown in drawing 1 (b), the circumference part of the service area concerned will carry out elastic deformation, among those a part for a flank will be displaced to **** parallel.

[0043] And if the electrical potential difference between an electrode 14 and 15 is turned OFF, since said electrostatic force will be lost, each thin film 12 returns to the condition which shows in drawing 1 (a) with own elasticity. The respectively same potential as electrodes 14 and 15 is impressed, the electrostatic force of repulsive force is generated between an electrode 14 and 15, and you may make it promote a return in the condition to drawing 1 (a) in this process.

[0044] The optical element by the gestalt of this operation by the above actuation can control transparency and reflection of incident light by turning on and off of the electrical potential difference between an electrode 14 and 15.

[0045] Although two reflective conditions are changed to transparency, by setting up suitably the magnitude of the electrical potential difference between the electrode layer 14 and 15, permeability (or reflection factor) can be controlled by the example of operation explained above more than a three-stage, or it can also control by it continuously.

[0046] In addition, although it was an electrode 14 and the example to which an electrical potential difference is impressed among 15, the electrostatic force of a suction force is given among both, and an optical property is changed in the example of operation mentioned above, it cannot be overemphasized that the same potential as two or more electrodes may be given with the gestalt of this operation, respectively, the electrostatic force of repulsive force may be given among them, and an optical property may be changed.

[0047] And since the periphery of the service area of two or more thin films 12 is supported and it is hard to produce deformation of the thin film 12 concerned curving with the gestalt of this operation even if the reinforcement of incident light is high and generation of heat of the thin film 12 concerned by the optical exposure is comparatively large, there is no constraint in the reinforcement of incident light so much. Moreover, with the gestalt of this operation, since the periphery of the service area of two or more thin films 12 is supported, even if the stress (usually tensile stress) by generation of heat of the thin film 12 concerned by optical exposure is accumulated with time, it is hard to produce deformation of the thin film 12 concerned curving, and hard to produce deformation of the thin film 12 concerned curving also with time.

[0048] The optical property of the optical element concerned obtained when the silicon nitride thin film which carried out 20 stratification in 200nm pitch with the thickness of 100nm on the substrate 11 as said two or more thin films 12 in the gestalt of this operation here, using a glass substrate as a substrate 11 is used is shown in drawing 2. About the case (at the time of a drive) where the case (at the time of un-driving) where drawing 2 does not impress an electrical potential difference between an electrode 14 and 15, and the electrical potential difference of 5V are impressed, the wavelength of incident light is 612nm and shows the permeability of the optical element concerned in the include angle from a substrate 11 and an parallel condition (whenever [incident angle] 90 degrees) to vertical incidence (whenever [incident angle] 0 times). It turns out that permeability becomes about 80% mostly at the time of a drive, and switching operation between reflection and transparency is performed to whenever [near about 50 degrees / incident angle] while permeability is about 0% at the time of un-driving so that clearly from this drawing 2.

[0049] By the way, although only one unit element child may be stationed on a substrate 11 and two or more service area and electrode layers 14 and 15 of a thin film 12 are not shown in drawing 1 as one unit element child, two or more unit element children may be stationed on a substrate 11. When stationing two or more unit element children, it is good to even arrange in the shape of-dimensional [1], and you may arrange in the shape of two-dimensional.

[0050] Next, an example of the manufacture approach of the optical element by the gestalt of this operation is explained with reference to drawing 3 thru/or drawing 5.

[0051] The schematic diagram showing the production process of the optical element according [drawing 3] to the gestalt of this operation, the schematic diagram showing the process which follows the process which shows drawing 4 to drawing 3, and drawing 5 are the schematic diagrams showing the concrete structure of the optical element by the gestalt of this operation obtained by this manufacture approach. Drawing 3 (a) - (b) and drawing 4 (a) - (c), and drawing 5 (b) and (c) are outline sectional views. Drawing 3 (d) and drawing 5 (a) are top views. Drawing 3 (c) and drawing 3 (d) show the same process. Drawing 5 (b) shows the cross section which met X1-X1 line in drawing 5 (a), and drawing 5 (c) shows the cross section which met X2-X2 line in drawing 5 (a). Drawing 3 (a) - (c) and drawing 4 (a) - (c) shows the cross section corresponding to the cross section shown in drawing 5 (b). In addition, since drawing 1 was a conceptual diagram, it is not necessarily in agreement with drawing 5 on a drawing.

[0052] Although the manufacture approach depended on this example is the example of the manufacture approach of the optical element which has stationed two or more unit element children in the shape of two-dimensional, it cannot be overemphasized that the optical element which has only a single unit element child, and the optical element which has stationed two or more unit element children in the shape of-dimensional [1] can also be manufactured by the same approach.

[0053] First, to compensate for arrangement of a unit element child, patterning of two or more transparent electrode layers 24 (equivalent to the electrode layer 14 in drawing 1) is carried out on the glass substrate 21 (equivalent to the substrate 11 in drawing 1) with a diameter of 3 inches (drawing 3 (a)).

[0054] Next, after forming the oxidation silicon film 23 with a thickness [as a sacrifice layer] of 200nm on the substrate of the condition which shows in drawing 3 (a), the silicon nitride film 22 (equivalent to the thin film 12 in drawing 1) which has a tensile stress with a thickness of 100nm further is formed by the sputtering method. A tensile stress can be given to a silicon nitride film 22 by setting up suitably the temperature conditions in the case of this membrane formation etc. And the layered product of the multilayers of 20 pairs is formed for this oxidation silicon film 23 and silicon nitride film 24 as one pair (drawing 3 (b)). However, it is made for the thickness of the silicon nitride film 24 of the maximum upper layer to be set to the thickness of the silicon nitride film 25 mentioned later, and 200nm in all.

[0055] Then, by the dry etching method, the grid-like slot 26 is formed in the layered product of said multilayers to compensate for arrangement of a unit element child, and the layered product concerned is divided into two or more layered products of for example, 20-micrometer angle (drawing 3 (c), (d)).

[0056] Subsequently, a silicon nitride film 25 is again formed by the sputtering method on the substrate of the condition which shows in drawing 3 (c) and (d) (drawing 4 (b)). The part of the silicon nitride film 25 formed in the slot 26 is equivalent to the supporter 13 in drawing 1 so that clearly from drawing 4 (b). Moreover, the part of the silicon nitride film 25 formed on the silicon nitride film 22 of the maximum upper layer is equivalent to the top thin film 12 in drawing 1 with the silicon nitride film 22 of the maximum upper layer concerned.

[0057] Next, the metal membranes 27 (equivalent to the electrode layer 15 in drawing 1), such as gold with a thickness of 5nm, are formed on the substrate of the condition which shows in drawing 4 (a) (drawing 4 (b)).

[0058] Then, the hole 28 with a diameter [for the oxidization silicon film 23 as a sacrifice layer being eluted] of 1 micrometer is formed in the location of the arbitration within the field of the layered product of each multilayers by the dry etching method to the substrate of the condition which shows in drawing 4 (b) (drawing 4 (c)).

[0059] Finally the substrate of the condition which shows in drawing 4 (c) is immersed in a hydrofluoric-acid water solution, it is eluted and the oxidation silicon film 23 as a sacrifice layer is removed. The optical element which this shows to drawing 4 (a) - (c), i.e., the optical element by the gestalt of operation mentioned above, is completed. In addition, in drawing 4 (b) and (c), the part 29 (except for the lowermost thing) in which the oxidation silicon film 23 existed is equivalent to spacing between the thin films 12 in drawing 1.

[0060] Using a semi-conductor manufacturing technology, the manufacture approach explained above is a thing, and since

the batch production is possible, it becomes possible [offering a low price optical element].

[0061] Next, the projection mold display by the gestalt of 1 operation of this invention is explained with reference to drawing 6. Drawing 6 is the outline block diagram showing the projection mold display by the gestalt of this operation.

[0062] The projection mold display by the gestalt of this operation is equipped with a space light modulation element, and the optical element (the sign 34 is attached in drawing 6) shown in drawing 1 and drawing 5 which mentioned above the light modulated by the space light modulation element as said space light modulation element in the projection mold display projected on a screen 36 is used for it.

[0063] In this projection mold display, parallel light of the emission light which came out from the source 31 of the white light is carried out with a collimate lens 32. This parallel light passes the red filter 33, and turns into monochrome parallel light. Incidence of this light is carried out to the optical element 34 shown in drawing 1 and drawing 5 as a space light modulation element, and it is modulated. With the gestalt of this operation, a unit element child uses what has been arranged 256x256 pieces, for example as this optical element 34. What has the property shown in drawing 2 as each unit element child's optical property can be used, in this case, to an optical axis, it leans and the optical element 34 concerned is arranged so that whenever [incident angle] may turn into about 50 degrees (drawing 6 shows for convenience that it is perpendicularly arranged to an optical axis). It is controlled by the control signal which answers a video signal and is given from the drive control section 37 independently, respectively each unit element child of the optical element 34 as a space light modulation element un-driving [a drive and] (namely, turning on and off of the transmitted light of incident light). Thereby, the monochrome parallel light which carried out incidence to the optical element 34 is modulated. The modulation light which penetrated the optical element 34 is expanded with a projector lens 35, it is projected on it by the screen 36, and the image according to a video signal projects it on a screen 36.

[0064] In addition, it consists of gestalten of this operation so that the transmitted light of an optical element 34 may be used as a modulation light, but you may constitute so that the reflected light may be conversely used as a modulation light. Moreover, it is also possible by preparing the optical system for example further for the object for blue, and Green, and compounding the image of each color beforehand, or projecting on the same screen separately to project the image of a color on a screen.

[0065] Next, the laser beam printer equipment by the gestalt of 1 operation of this invention is explained with reference to drawing 7. Drawing 7 is the outline block diagram showing the laser beam printer equipment by the gestalt of this operation.

[0066] The optical element (the sign 44 is attached in drawing 7) shown in drawing 1 and drawing 5 which mentioned above the laser beam which modulated the laser beam with the optical modulator as said optical modulator in the laser beam printer equipment which irradiates a photoconductor drum 45 is used for the laser beam printer equipment by the gestalt of this operation.

[0067] The laser beam which is the emission light which came out of the laser light source 41 is made into a band-like parallel light (parallel profile line-like light) with a collimate lens 42, and incidence of this laser beam printer equipment is carried out to an optical element 44 through the reflective mirror 43. With the gestalt of this operation, a unit element child uses what has been arranged in the shape of [10000]-dimensional [1], for example as this optical element 44. What has the property shown in drawing 2 as each unit element child's optical property can be used, in this case, to an optical axis, it leans and the optical element 44 concerned is arranged so that whenever [incident angle] may turn into about 50 degrees (drawing 7 shows for convenience that it is perpendicularly arranged to an optical axis). It is controlled by the control signal which answers a printing picture signal and is given from the drive control section 46 independently, respectively each unit element child of the optical element 44 as a light modulation element un-driving [a drive and] (namely, turning on and off of the transmitted light of incident light). Thereby, a band-like parallel light which carried out incidence to the optical element 44 is modulated. The modulation light which penetrated the optical element 44 is irradiated by the photoconductor drum 45. Then, although not shown in a drawing, paper is imprinted and fixed to the toner according to the potential image formed in the photoconductor drum 45.

[0068] In addition, also in the gestalt of this operation, it is constituted so that the transmitted light of an optical element 44 may be used as a modulation light, but you may constitute so that the reflected light may be conversely used as a modulation light.

[0069] As mentioned above, although the gestalt of each operation of this invention was explained, this invention is not limited to the gestalt of these operations.

[0070] For example, the optical element by this invention can be used not only in a projection mold display or laser beam printer equipment but in other various equipments.

[0071]

[Effect of the Invention] According to this invention, as explained above, constraint of the quantity of light of incident light is small, and even if generation of heat of the structure produced in an optical exposure arises, aging can offer the equipment which used the optical element concerned for few optical element and its manufacture approach list.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the outline sectional view showing typically the principle of operation of the optical element by the gestalt of 1 operation of this invention.

[Drawing 2] It is drawing showing an example of the optical property of the optical element shown in drawing 1.

[Drawing 3] It is the schematic diagram showing the production process of the optical element shown in drawing 1.

[Drawing 4] It is the schematic diagram showing the process which follows the process shown in drawing 3.

[Drawing 5] It is the schematic diagram showing the example of the concrete structure of the optical element shown in drawing 1 obtained by the manufacture approach shown in drawing 3 and drawing 4.

[Drawing 6] It is the outline block diagram showing the projection mold display by the gestalt of 1 operation of this invention.

[Drawing 7] It is the outline block diagram showing the laser beam printer equipment by the gestalt of 1 operation of this invention.

[Drawing 8] It is drawing showing typically the outline cross-section structure of the conventional optical element.

[Description of Notations]

11 Substrate

12 Thin Film

13 Supporter

14 15 Electrode layer

34 44 Optical element

45 Photoconductor Drum

[Translation done.]

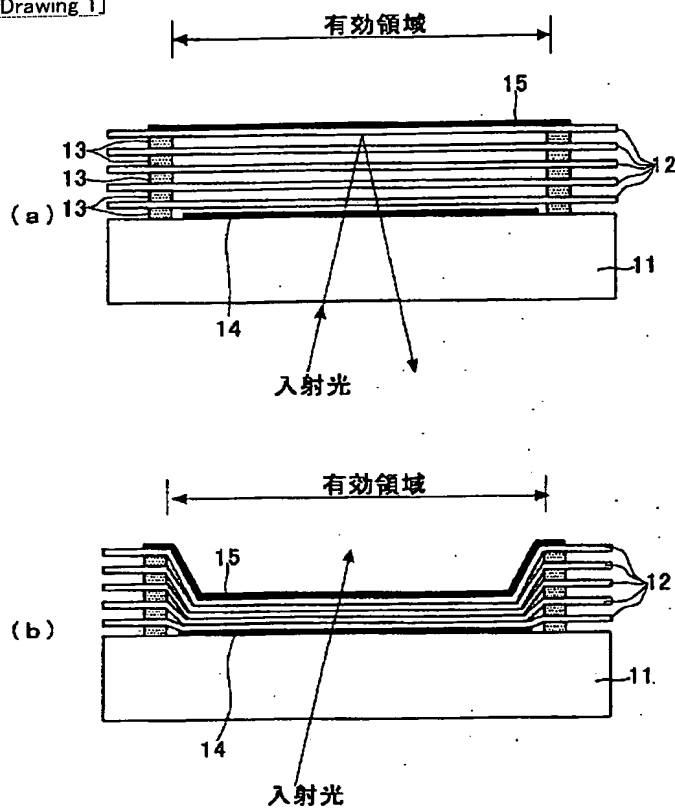
* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

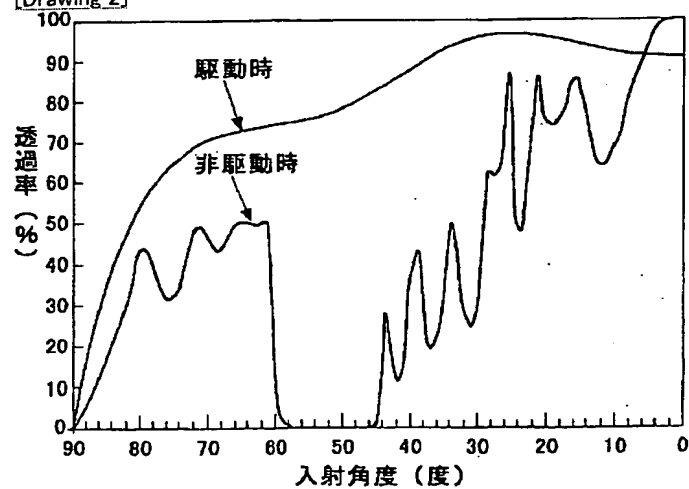
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. *** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

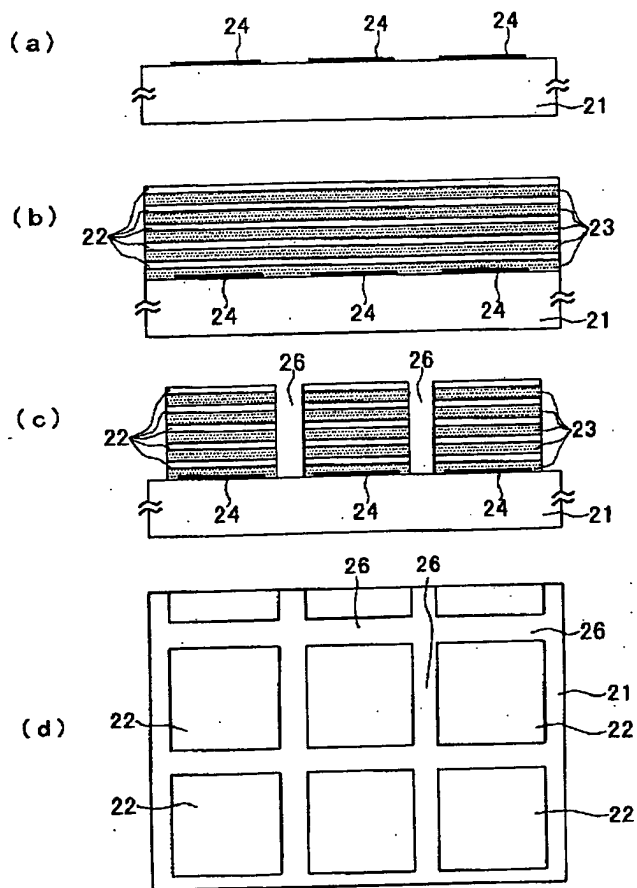
[Drawing 1]



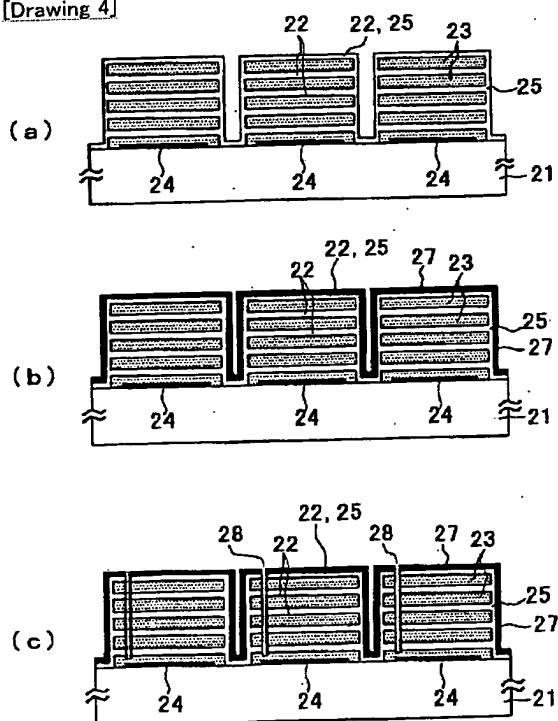
[Drawing 2]



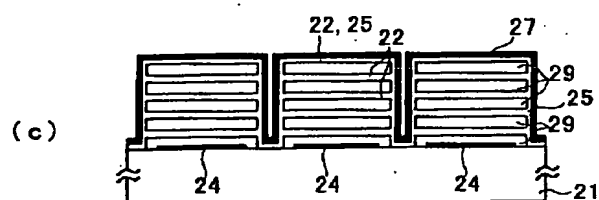
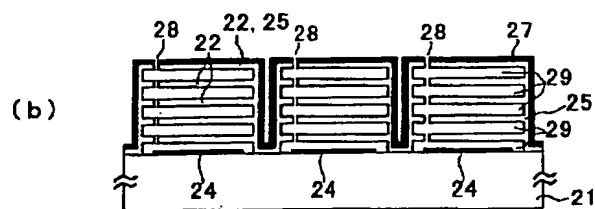
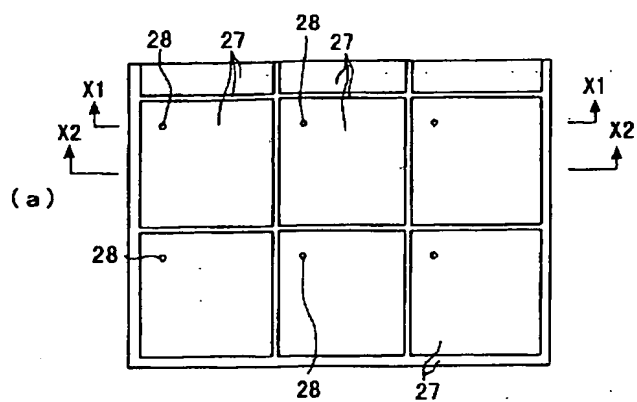
[Drawing 3]



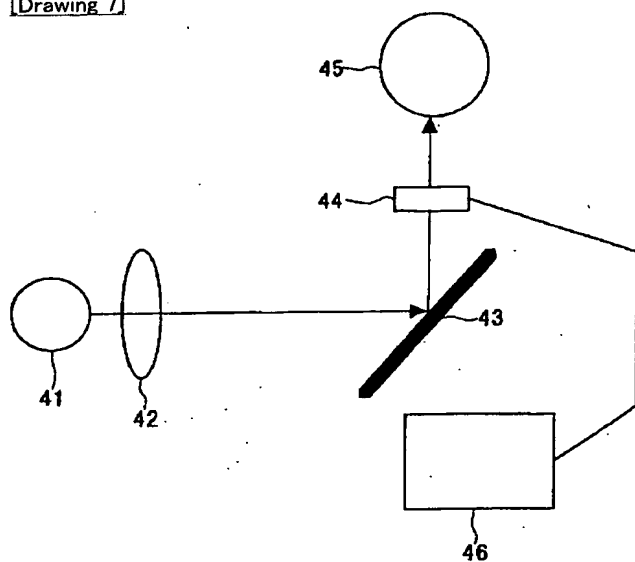
[Drawing 4]



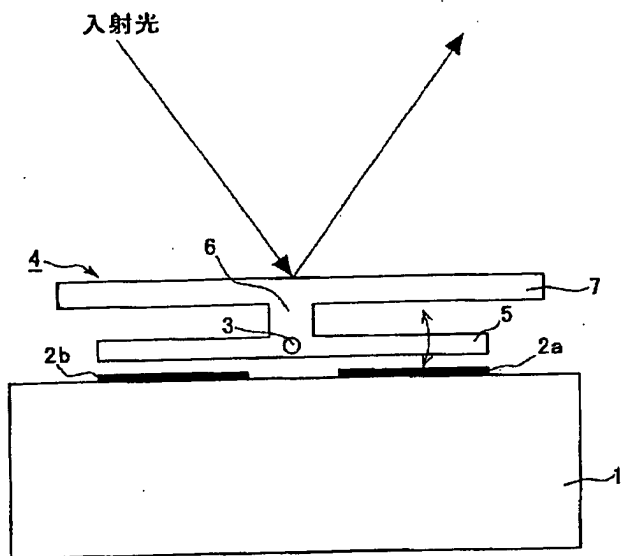
[Drawing 5]



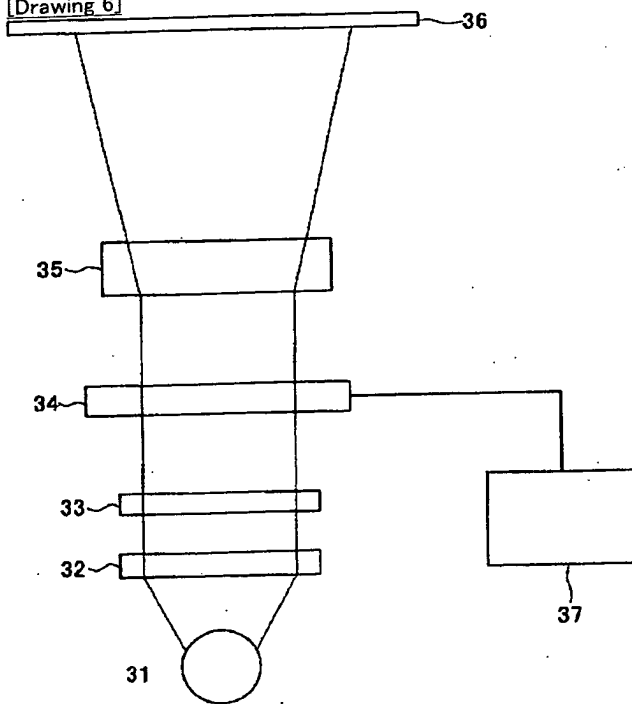
[Drawing 7]



[Drawing 8]



[Drawing 6]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-160635

(43) 公開日 平成11年(1999) 6月18日

(51) Int.Cl.⁶
G 0 2 B 26/08
B 4 1 J 2/44
G 0 9 F 9/30

識別記号
3 7 1

F I
G 0 2 B 26/08 J
G 0 9 F 9/30 3 7 1
B 4 1 J 3/00 D

審査請求 未請求 請求項の数10 F D (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平9-337807
(22) 出願日 平成 9 年(1997)11月21日

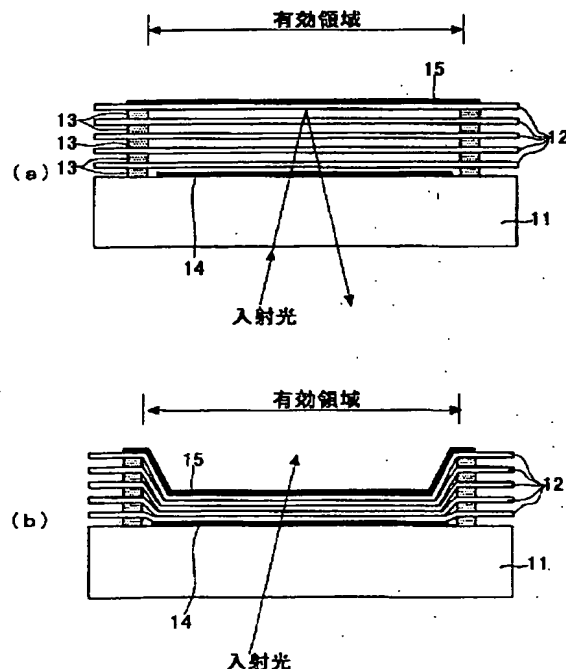
(71) 出願人 000004112
株式会社ニコン
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
(72) 発明者 鈴木 美彦
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
式会社ニコン本社内
(74) 代理人 弁理士 四宮 通

(54) 【発明の名称】 光学素子及びその製造方法並びにそれを用いた装置

(57) 【要約】

【課題】 入射光の光量の制約が小さく、かつ、光照射で生ずる構造体の発熱が生じても経時変化が少ない光学素子を提供する。

【解決手段】 各薄膜12の所定の有効領域の周辺部は、各薄膜12の前記有効領域が基板11上に互いに間隔をあけて重なるように、基板11に対して支持部13を介して支持される。複数の薄膜12は、全体として所定の光学特性を示す。電極層14が、複数の薄膜12の有効領域の下における基板11上に形成される。電極層15が、最上位の薄膜12に形成される。電極14、15間に電圧を印加すると、電極14、15間に生ずる静電気力によって各薄膜12の有効領域が基板11に引き寄せられ、複数の薄膜12の有効領域間の間隔が全て実質的になくなり、複数の薄膜12全体としての光学特性が変化する。



THIS PAGE BLANK (USPTO)

【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板と、

各々の所定の有効領域が前記基板上に互いに間隔をあけて重なるように、各々の当該有効領域の周辺部が前記基板に対して支持部を介して支持された複数の薄膜であって、当該複数の薄膜の前記有効領域が全体として所定の光学特性を示す複数の薄膜と、

複数の電極層であって、当該複数の電極層のうちの少なくとも2つの電極層の間に電界を印加した場合にこれらの間に作用する静電気力に応じて、前記複数の薄膜の間の間隔のうちの少なくとも1つの間隔が実質的になくなるかあるいは変化するように、前記複数の薄膜のうちの少なくとも1つの薄膜を弾性変形させて当該薄膜の前記有効領域を前記基板に対して変位させる複数の電極層と、

を備えたことを特徴とする光学素子。

【請求項2】 前記複数の薄膜の間隔が空気層を形成することを特徴とする請求項1記載の光学素子。

【請求項3】 前記複数の電極層のうちの少なくとも1つの電極層が前記複数の薄膜の前記有効領域の下における前記基板上に形成され、前記複数の電極層のうちの他の少なくとも1つの電極層が前記複数の薄膜の前記有効領域のうちの前記基板から最も遠い位置に位置する薄膜の前記有効領域に形成されたことを特徴とする請求項1又は2記載の光学素子。

【請求項4】 前記複数の薄膜の前記有効領域が弓1つ張り応力を有していることを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の光学素子。

【請求項5】 前記複数の薄膜の各々が窒化珪素膜であることを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載の光学素子。

【請求項6】 前記基板が所定の光に対して透光性を有することを特徴とする請求項1乃至5のいずれかに記載の光学素子。

【請求項7】 前記複数の薄膜の前記有効領域及び前記複数の電極層を1つの単位素子として、当該単位素子が前記基板に対して1次元状又は2次元状に配置されたことを特徴とする請求項1乃至6のいずれかに記載の光学素子。

【請求項8】 請求項1乃至7のいずれかに記載の光学素子を製造する製造方法であって、前記基板上に、前記複数の電極層、前記間隔を形成すべき複数の犠牲層及び前記複数の薄膜からなる積層体を形成する段階と、前記支持部を形成する段階と、前記複数の犠牲層を除去する段階と、を備えたことを特徴とする光学素子の製造方法。

【請求項9】 少なくとも1つの空間光変調素子を備え、該少なくとも1つの空間光変調素子により変調された光を投射する投射型表示装置において、前記少なくとも

も1つの空間光変調素子が請求項7記載の光学素子であることを特徴とする投射型表示装置。

【請求項10】 光変調器で変調したレーザ光を感光ドラムに照射するレーザプリンタ装置において、前記光変調器が請求項7記載の光学素子であることを特徴とするレーザプリンタ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光の反射特性や透過特性等の光学特性を制御する光学素子及びその製造法、並びに当該光学素子を用いた装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、半導体製造技術を利用して、様々な微小機械の研究開発が活発に行われている。面内に微小なマイクロサイズミラーを集積化した光学素子についても研究の成果が活用されている。

【0003】従来報告されている微小光学素子では、十数 μm 角の金属ミラーを基板面上に多数個集積し、これらのミラーを基板上に設けた電極とミラー間の静電気力により駆動してミラーの角度を変化させ、個々のミラーによる入射光の反射角度を制御する方式が用いられている（例えば、Larry J. Hornbeck, Technical Digest of the 14th Sensor Symposium, 1996, pp297-304）。

【0004】図8は、このような従来の微小光学素子の概略断面構造を模式的に示す図である。基板1上に電極層2a、2bが設けられ、該電極層2a、2b上にトーションヒンジ3で支えられた可動ミラー部4が形成されている。該可動ミラー部4は、中央部がトーションヒンジにより支持された駆動電極膜5と、中央部が該駆動電極膜5にポスト部6を介して連結された金属薄膜からなる反射ミラー7とから構成されている。片側の電極層2aに電圧を印加すると、駆動電極膜5の電極層2a側部分が基板1側に引き寄せられ、トーションヒンジ3を中心にした回転力が発生し、反射ミラー部7が傾く。これにより反射ミラー部7に入射した光の反射方向が制御される。この光学素子は、例えば、特定の反射方向に反射した光のみをスクリーン上に投射することにより投射型表示装置（projector）用の空間光変調素子（ライトバルブ）として利用されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前述した図8に示すような従来の光学素子では、金属薄膜からなる反射ミラー7は中央部がポスト6で支持されているのみであるので、光照射による発熱によって当該反射ミラー7が反るなどの変形が一時的に生じ易いことから、入射光の強度の制約が大きい。また、前述した図8に示すような従来の光学素子では、金属薄膜からなる反射ミラー7は中央部がポスト6で支持されているのみであるので、入射光の強度がさほど大きくなくても、光照射に

THIS PAGE BLANK (USPTO)

よる反射ミラー7の発熱による応力が経時的に蓄積することによって当該反射ミラー7が反るなどの変形が生じ易く、経時的にも反射ミラー7が反るなどの変形が生じ易い。

【0006】本発明は、このような事情に鑑みてなされたもので、入射光の光量の制約が小さく、かつ、光照射で生ずる構造体の発熱が生じて経時変化が少ない光学素子及びその製造方法並びに当該光学素子を用いた装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するため、本発明の第1の態様による光学素子は、基板と、各々の所定の有効領域が前記基板上に互いに間隔をあけて重なるように、各々の当該有効領域の周辺部が前記基板に対して支持部を介して支持された複数の薄膜であって、当該複数の薄膜の前記有効領域が全体として所定の光学特性を示す複数の薄膜と、複数の電極層であって、当該複数の電極層のうちの少なくとも2つの電極層の間に電界を印加した場合にこれらの間に作用する静電気力（吸引力であっても、斥力であってもよい）に応じて、前記複数の薄膜の間の間隔のうちの少なくとも1つの間隔が実質的になくなるかあるいは変化するように、前記複数の薄膜のうちの少なくとも1つの薄膜を弾性変形させて当該薄膜の前記有効領域を前記基板に対して変位させる複数の電極層と、を備えたものである。

【0008】この第1の態様によれば、前記複数の薄膜の有効領域が互いに間隔をあけて重なっているため、公知の光学多層膜と同様に、間隔の部分も含めてこれらが全体として所定の光学特性を示す。そして、前記複数の電極層のうちの少なくとも2つの電極層間に電界を印加すると、これらの間に作用する静電気力に応じて、前記複数の薄膜のうちの少なくとも1つの薄膜が弾性変形して当該薄膜の前記有効領域が前記基板に対して変位し、前記複数の薄膜の間の間隔のうちの少なくとも1つの間隔が実質的になくなるかあるいは変化する。このため、電界の印加（すなわち、電極層に対する電圧又は電位の印加）により、その大きさに応じて前記複数の薄膜全体の光学特性が変化することになる。

【0009】このように、前記第1の態様によれば、光学多層膜の原理と静電気力による薄膜の変位とが巧みに融合されて、前記複数の電極層に対する電圧又は電位の印加の制御によって、得られる光学特性を制御することができるのである。

【0010】前記光学特性としては、光学多層膜において知られているように、前記複数の薄膜の数や屈折率や厚さや間隔等を適宜定めることにより、目的に応じた種々の光学特性を設定しておくことができ、例えば、所定波長領域の入射光に対する透過特性（又は反射特性）を挙げることができる。なお、個々の薄膜は、単一の材料による単一層でもよいが、複数の材料による複数の層か

らなるものでもよい。

【0011】また、前記光学特性の制御は、単に2つの状態（例えば、透過状態と反射状態）を切り替えるのみでなく、前記複数の電極層の数や配置や印加電圧又は印加電位の大きさや電圧を印加する電極層の選択などを適宜設定することにより、3段階以上の制御や連続的な制御（例えば、透過率の段階的な制御や連続的な制御）も可能である。

【0012】そして、前記第1の態様では、前記複数の薄膜の有効領域の周辺部が支持部により支持されていればよく、必ずしも当該有効領域の周辺部の全体が支持されている必要はなく、例えば、当該有効領域の周辺部における対向する一対の辺の部分のみが支持されていてもよい。前記第1の態様では、前記複数の薄膜の有効領域の周辺部が支持されているので、入射光の強度が高くその光照射による当該薄膜の発熱が比較的大きくても、当該薄膜が反るなどの変形が生じ難いことから、入射光の強度にさほど制約がない。また、前記第1の態様では、前記複数の薄膜の有効領域の周辺部が支持されているので、光照射による当該薄膜の発熱による応力が経時的に蓄積しても当該薄膜が反るなどの変形が生じ難く、経時的にも当該薄膜が反るなどの変形が生じ難い。

【0013】本発明の第2の態様による光学素子は、前記第1の態様による光学素子において、前記複数の薄膜の間隔が空気層を形成するものである。

【0014】この第2の態様では、薄膜の間隔が空気層を形成しているため、素子構造が簡単となり安価となる。もっとも、前記第1の態様では、例えば、当該光学素子を所定容器に収容して、真空中や所定屈折率の液体中に配置するなどによって、前記薄膜の間隔が真空層や液体層を形成するようにしてもよい。

【0015】本発明の第3の態様による光学素子は、前記第1又は第2の態様による光学素子において、前記複数の電極層のうちの少なくとも1つの電極層が前記複数の薄膜の前記有効領域の下における前記基板上に形成され、前記複数の電極層のうちの他の少なくとも1つの電極層が前記複数の薄膜の前記有効領域のうちの前記基板から最も遠い位置に位置する薄膜の前記有効領域に形成されたものである。

【0016】この第3の態様は、前記第1及び第2の態様における複数の電極層の配置例である。この第3の態様では、例えば、基板上に形成された電極層と最も遠い薄膜の有効領域に形成された電極層との間に比較的大きい電界を印加すると、最も遠い薄膜の有効領域が基板に引きつけられ、これにより他の薄膜の有効領域も基板に引き寄せられ、前記複数の薄膜の有効領域間の間隔が全て実質的になくなり、複数の薄膜の有効領域を全体として光学的に単一膜として機能させることができる。したがって、2つの電極層を配置するだけで、最も大きい光学特性の変化を得ることができ、好ましい。

THIS PAGE BLANK (USPTO)

【0017】もっとも、前記第1及び第2の態様では、複数の電極層の配置はこの第3の態様のような例に限定されるものではなく、例えば、前記複数の薄膜の前記有効領域の下における前記基板上に電極層を形成するとともに前記複数の薄膜のうちの任意の1つ以上の薄膜（全部の薄膜でもよい）の有効領域にそれぞれ電極層を形成してもよいし、基板上には電極層を形成せずに前記複数の薄膜のうちの任意の2つ以上の薄膜（全部の薄膜でもよい）の有効領域にそれぞれ電極層を形成してもよい。

【0018】なお、この第3の態様のように基板上に電極層を形成した場合には、最も基板に近い位置に位置する薄膜は、当該電極層と間隔をあけることなく当該電極層上に直接形成してもよい。

【0019】本発明の第4の態様による光学素子は、前記第1乃至第3のいずれかの態様による光学素子において、前記複数の薄膜の前記有効領域が引っ張り応力を有しているものである。

【0020】この第4の態様によれば、前記複数の薄膜の前記有効領域が引っ張り応力を有しているため、薄膜の有効領域が静電気力により変位した後に当該静電気力がなくなった場合において、当該有効領域が元の位置に自動的に復帰し易くなり、好ましい。もっとも、前記第1乃至第3の態様では、前記複数の薄膜の有効領域は必ずしも引っ張り応力を有していなくてもよい。

【0021】本発明の第5の態様による光学素子は、前記第1乃至第4のいずれかの態様による光学素子において、前記複数の薄膜の各々が窒化珪素膜であるものである。

【0022】この第5の態様は前記複数の薄膜の例を挙げたものであるが、前記第1乃至第4の態様では、前記複数の薄膜の材料は窒化珪素に限定されるものではない。

【0023】本発明の第6の態様による光学素子は、前記第1乃至第6のいずれかの態様による光学素子において、前記基板が所定の光に対して透光性を有するものである。

【0024】前記複数の薄膜を透過した光を利用する場合などには、この第6の態様のように、基板が、例えばガラスなどの当該光に対して透光性を有するものを用いればよい。もっとも、例えば、前記複数の薄膜により反射された光を利用する場合などには、基板は透光性を有していなくてもよい。

【0025】本発明の第7の態様による光学素子は、前記第1乃至第6のいずれかの態様による光学素子において、前記複数の薄膜の前記有効領域及び前記複数の電極層を1つの単位素子として、当該単位素子が前記基板に対して1次元状又は2次元状に配置されたものである。

【0026】前記第1乃至第6の態様では1つの単位素子のみを有しているもよいが、この第7の態様のように複数の単位素子が1次元又は2次元状に配置しておけ

ば、1次元又は2次元の空間光変調素子を得ることができ。

【0027】本発明の第8の態様による光学素子の製造方法は、前記第1乃至第7のいずれかの態様による光学素子を製造する製造方法であって、前記基板上に、前記複数の電極層、前記間隔を形成すべき複数の犠牲層及び前記複数の薄膜からなる積層体を形成する段階と、前記支持部を形成する段階と、前記複数の犠牲層を除去する段階と、を備えたものである。

【0028】この第8の態様は前記第1乃至第7の態様による光学素子の製造方法の一例であるが、この第8の態様による製造方法を採用すれば、半導体製造技術を利用して当該光学素子を製造することができ、バッチ生産が可能のため、低価格な光学素子を提供することが可能となる。

【0029】本発明の第9の態様による投射型表示装置は、少なくとも1つの空間光変調素子を備え、該少なくとも1つの空間光変調素子により変調された光を投射する投射型表示装置において、前記少なくとも1つの空間光変調素子が前記第7の態様による光学素子であるものである。

【0030】本発明の第10の態様によるレーザプリンタ装置は、光変調器で変調したレーザ光を感光ドラムに照射するレーザプリンタ装置において、前記光変調器が前記第7の態様による光学素子であるものである。

【0031】前記第9及び第10の態様は、前記第7の態様による光学素子の応用装置の例を示すものであるが、前記第7の態様による光学素子は他の種々の装置において利用することができることは言うまでもない。

【0032】

【発明の実施の形態】以下、本発明による光学素子及びその製造方法並びにそれを用いた装置について、図面を参照して説明する。

【0033】まず、本発明の一実施の形態による光学素子の概略構成とその原理について、図1を参照して説明する。

【0034】図1は本実施の形態による光学素子の動作原理を模式的に示す概略断面図であり、図1(a)は非駆動時の状態を示し、図1(b)は駆動時の状態を示している。

【0035】本実施の形態による光学素子は、図1に示すように、ガラス等からなる使用する光（所定の波長の光）に対して透光性を有する基板11と、複数の薄膜12と、支持部13と、複数の電極層14、15と、を備えている。

【0036】前記各薄膜12の所定の有効領域の周辺部は、図1(a)に示すように、各薄膜12の前記有効領域が基板11上に互いに間隔をあけて重なるように、基板11に対して支持部13を介して支持されている。本実施の形態では、前記有効領域は矩形領域とされ、その

THIS PAGE BLANK (USPTO)

周辺部の全体が支持部13により支持されている。もっとも、有効領域の形状は矩形に限定されるものではないし、また、前記有効領域の周辺部の全体を支持せずに、例えば、前記有効領域の周辺部における対向する一对の辺の部分のみを支持してもよい。また、本実施の形態では、薄膜12間の間隔は空気層を形成しているが、当該光学素子を所定容器に収容して、真空中や所定屈折率の液体中に配置するなどによって、薄膜12間の間隔が真空層や液体層を形成するようにしてもよい。さらに、本実施の形態では、各薄膜12の有効領域は、引っ張り応力を有するように、支持部13により支持されている。もっとも、本発明では、必ずしも各薄膜12の有効領域が引っ張り応力を有している必要はない。

【0037】前記複数の薄膜12は、光学多層膜において知られているように、前記空気層も含めて全体として所定の光学特性を示すように、用いる光の波長やその入射角度に応じて、材料、厚さ、数、間隔、周期等が定められている。本実施の形態では、複数の薄膜12が全体として、基板11の裏面から入射した光を反射させる特性を示すように、設定されている。

【0038】前記複数の電極層14、15は、当該複数の電極層14、15のうちの少なくとも2つの電極層の間に電界を印加した場合にこれらの間に作用する静電気力に応じて、前記複数の薄膜12の間の間隔のうちの少なくとも1つの間隔が実質的になくなるあるいは変化するよう、前記複数の薄膜のうちの少なくとも1つの薄膜12を弾性変形させて当該薄膜12の前記有効領域を前記基板11に対して変位させるように、配置されている。具体的には、本実施の形態では、複数の電極層として2つの電極層14、15のみを備えており、電極層14は複数の薄膜12の有効領域の下における基板11上に形成され、電極層15は最上位の薄膜12（基板11から最も遠い位置に位置する薄膜12）に形成されている。もっとも、本発明では、複数の電極層の数や配置は本実施の形態のような例に限定されるものではなく、例えば、基板11上に形成された電極層14をそのまま残すとともに複数の薄膜12のうちの任意の1つ以上の薄膜12（全部の薄膜12でもよい）の有効領域にそれぞれ電極層を形成してもよいし、基板11上には電極層を形成せずに複数の薄膜12のうちの任意の2つ以上の薄膜12（全部の薄膜12でもよい）の有効領域にそれぞれ電極層を形成してもよい。

【0039】なお、前記電極層14、15は、それぞれ適宜複数に分割しておいてもよい。また、本実施の形態では、最下位の薄膜12（基板11に最も近い位置に位置する薄膜12）と電極層14との間に間隔がけられているが、最下位の薄膜12は電極層14上に直接形成してもよい。

【0040】また、本実施の形態では、電極層14、15として、用いる光に対して透光性を有するものが用い

られている。具体的には、例えば、電極層14としてITO膜を用い、電極層15として厚さの十分に薄い金属膜（金属膜であっても厚さが十分に薄ければ、例えば可視光に対して透光性を有する）を用いることができる。もっとも、本発明では、電極層14、15のうちのいずれか一方が、用いる光に対して透光性を有していればよい。例えば、電極層15のみが透光性を有し電極層14が透光性を有していない場合、図1に示す場合と逆に基板11の上側から入射光を入射させ、複数の薄膜12を透過した光は吸収されるように電極層15上に吸収膜を形成し、複数の薄膜12により反射された光を用いるようにすればよい。このような場合、基板11は用いる光に対して透光性を有している必要はないことは勿論である。

【0041】本実施の形態によれば、電極14、15間に電圧を印加するかあるいは電極14、15にそれぞれ所定電位を印加しない場合（すなわち、非駆動時）には、前述したように、各薄膜12が互いに間隔をあけた状態となって、基板11の裏面から入射した光は当該複数の薄膜12によって反射されることとなり、当該複数の薄膜12がそれらの間の空気層も含めて全体として反射膜として機能することとなる。

【0042】一方、電極14、15間に引力の静電気力が生ずる電界が発生するように電極14、15間に比較的高い電圧を印加すると、図1(b)に示すように、発生した静電気力によって最上位の薄膜12の有効領域が基板11に引きつけられ、これにより他の薄膜12も基板11に引き寄せられ、複数の薄膜12の有効領域間の間隔が全て実質的になくなり、複数の薄膜12の有効領域を全体として光学的に単一膜として機能し、入射光の多くが複数の薄膜12を透過することとなる。この際、図1(b)に示すように、当該有効領域の周辺部分が弾性変形し、その内側部分は略々平行に変位することとなる。

【0043】そして、電極14、15間の電圧をオフにすると、前記静電気力がなくなるので、各薄膜12は自身の弾性により図1(a)に示す状態に戻る。この過程において、電極14、15にそれぞれ同じ電位を印加して、電極14、15間に斥力の静電気力を発生させ、図1(a)に状態への復帰を促進するようにしてもよい。

【0044】以上のような動作によって、本実施の形態による光学素子は、電極14、15間の電圧のオン・オフにより入射光の透過と反射とを制御することができる。

【0045】以上説明した動作例では、透過と反射の2つの状態を切り替えているが、電極層14、15間の電圧の大きさを適宜設定することにより、透過率（又は反射率）を3段階以上に制御したり連続的に制御したりすることもできる。

【0046】なお、前述した動作例では、電極14、1

THIS PAGE BLANK (USPTO)

5間に電圧を印加して両者間に吸引力の静電気力を与えて光学特性を変化させる例であったが、本実施の形態では、複数の電極に同じ電位をそれぞれ与えてそれらの間に斥力の静電気力を与えて光学特性を変化させてもよいことは、言うまでもない。

【0047】そして、本実施の形態では、複数の薄膜12の有効領域の周辺部が支持されているので、入射光の強度が高くその光照射による当該薄膜12の発熱が比較的大きくても、当該薄膜12が反るなどの変形が生じ難いことから、入射光の強度にさほど制約がない。また、本実施の形態では、複数の薄膜12の有効領域の周辺部が支持されているので、光照射による当該薄膜12の発熱による応力（通常は、引っ張り応力）が経時的に蓄積しても当該薄膜12が反るなどの変形が生じ難く、経時的にも当該薄膜12が反るなどの変形が生じ難い。

【0048】ここで、本実施の形態において、基板11としてガラス基板を用い、前記複数の薄膜12として基板11上に100nmの厚さで200nmピッチで20層形成した窒化珪素薄膜を用いた場合に得られる、当該光学素子の光学特性を図2に示す。図2は、電極14、15間に電圧を印加しない場合（非駆動時）と5Vの電圧を印加した場合（駆動時）に関して、入射光の波長は612nmで、基板11と平行状態（入射角度90度）から垂直入射（入射角度0度）までの角度における、当該光学素子の透過率を示したものである。この図2から明らかなように、約50度付近の入射角度において、非駆動時には透過率がほぼ0%であるとともに、駆動時には透過率がほぼ約80%となり、反射と透過との間のスイッチング動作が行われることがわかる。

【0049】ところで、複数の薄膜12の有効領域及び電極層14、15を1つの単位素子として、基板11上に1つの単位素子のみを配置してもよいし、図1には示していないが、基板11上に複数の単位素子を配置してもよい。複数の単位素子を配置する場合には、1次元状に配置するのみでもよいし、2次元状に配置してもよい。

【0050】次に、本実施の形態による光学素子の製造方法の一例について、図3乃至図5を参照して説明する。

【0051】図3は本実施の形態による光学素子の製造工程を示す概略図、図4は図3に示す工程に引き続く工程を示す概略図、図5はこの製造方法により得られる本実施の形態による光学素子の具体的な構造を示す概略図である。図3(a)～(b)、図4(a)～(c)及び図5(b)(c)は概略断面図である。図3(d)及び図5(a)は平面図である。図3(c)及び図3(d)は同一工程を示している。図5(b)は図5(a)中のX1-X1線に沿った断面を示し、図5(c)は図5(a)中のX2-X2線に沿った断面を示している。図3(a)～(c)及び図4(a)～(c)は、図5

(b)に示す断面に対応する断面を示している。なお、図1は概念図であったため、図面上、図5とは必ずしも一致していない。

【0052】本例による製造方法は、複数の単位素子を2次元状に配置した光学素子の製造方法の例であるが、単一の単位素子のみを有する光学素子や複数の単位素子を1次元状に配置した光学素子も同様の方法で製造することができることは、言うまでもない。

【0053】まず、直径3インチのガラス基板21（図1中の基板11に相当）上に、単位素子の配置に合わせて、複数の透明電極層24（図1中の電極層14に相当）をパターンニングする（図3(a)）。

【0054】次に、図3(a)に示す状態の基板上に、犠牲層としての厚さ200nmの酸化珪素膜23を成膜した後、更に厚さ100nmの引っ張り応力を有する窒化珪素膜22（図1中の薄膜12に相当）をスパッタリング法により成膜する。この成膜の際の温度条件等を適宜設定することにより、窒化珪素膜22に引っ張り応力を付与することができる。そして、この酸化珪素膜23と窒化珪素膜24とを一つのペアとして、20ペアの多層膜の積層体を成膜する（図3(b)）。ただし、最上層の窒化珪素膜24の厚さは、後述する窒化珪素膜25の厚さと合わせて200nmとなるようにする。

【0055】その後、ドライエッチング法により、単位素子の配置に合わせて前記多層膜の積層体に格子状の溝26を形成し、当該積層体を例えば20μm角の複数の積層体に分割する（図3(c)(d)）。

【0056】次いで、図3(c)(d)に示す状態の基板上に、再び窒化珪素膜25をスパッタリング法により成膜する（図4(b)）。図4(b)から明らかなように、溝26内に成膜された窒化珪素膜25の部分が図1中の支持部13に相当する。また、最上層の窒化珪素膜22上に成膜された窒化珪素膜25の部分が、当該最上層の窒化珪素膜22と共に、図1中の最上位の薄膜12に相当する。

【0057】次に、図4(a)に示す状態の基板上に厚さ5nmの金等の金属膜27（図1中の電極層15に相当）を成膜する（図4(b)）。

【0058】その後、図4(b)に示す状態の基板に対し、個々の多層膜の積層体の面内の任意の位置に、犠牲層としての酸化珪素膜23を溶出するための直径1μmの孔28をドライエッチング法により形成する（図4(c)）。

【0059】最後に、図4(c)に示す状態の基板をフッ化水素酸水溶液に浸漬して、犠牲層としての酸化珪素膜23を溶出して除去する。これにより図4(a)～(c)に示す光学素子、すなわち、前述した実施の形態による光学素子が完成する。なお、図4(b)(c)において、酸化珪素膜23が存在していた部分29（最下部のものを除く）が図1中の薄膜12間の間隔に相当す

THIS PAGE BLANK (USPTO)

る。

【0060】以上説明した製造方法は、半導体製造技術を利用してのものであり、バッチ生産が可能のため、低価格な光学素子を提供することが可能となる。

【0061】次に、本発明の一実施の形態による投射型表示装置について、図6を参照して説明する。図6は、本実施の形態による投射型表示装置を示す概略構成図である。

【0062】本実施の形態による投射型表示装置は、空間光変調素子を備え、空間光変調素子により変調された光をスクリーン36上に投射する投射型表示装置において、前記空間光変調素子として前述した図1及び図5に示す光学素子（図6では、符号34を付してある）を用いたものである。

【0063】この投射型表示装置では、白色光源31から出た発散光は、コリメートレンズ32により平行光される。この平行光は、赤色フィルター33を通過し、単色平行光となる。この光は、空間光変調素子としての図1及び図5に示す光学素子34に入射され、変調される。本実施の形態では、例えば、この光学素子34として、単位素子が256×256個配置されたものを用いる。各単位素子の光学特性として図2に示す特性を有するものを用いることができ、この場合、当該光学素子34は、入射角度が約50度となるように光軸に対して傾けて配置される（図6では、便宜上、光軸に対して垂直に配置されているように示している）。空間光変調素子としての光学素子34の各単位素子の駆動・非駆動（すなわち、入射光の透過光のオンオフ）は、映像信号に回答して駆動制御部37から与えられる制御信号により、それぞれ独立して制御される。これにより、光学素子34に入射した単色平行光は変調される。光学素子34を透過した変調光は、投射レンズ35により拡大されてスクリーン36に投射され、映像信号に応じた画像がスクリーン36上に映し出される。

【0064】なお、本実施の形態では、光学素子34の透過光を変調光として用いるように構成されているが、逆に反射光を変調光として用いるように構成してもよい。また、例えば、更にブルー用、グリーン用の光学系を用意し、各色の像を予め合成して又は別々に同一スクリーン上に投影することにより、カラーの画像をスクリーン上に映し出すことも可能である。

【0065】次に、本発明の一実施の形態によるレーザプリンタ装置について、図7を参照して説明する。図7は、本実施の形態によるレーザプリンタ装置を示す概略構成図である。

【0066】本実施の形態によるレーザプリンタ装置は、レーザ光を光変調器で変調したレーザ光を感光ドラム45に照射するレーザプリンタ装置において、前記光変調器として前述した図1及び図5に示す光学素子（図7では、符号44を付してある）を用いたものである。

【0067】このレーザプリンタ装置は、レーザ光源41から出た発散光であるレーザ光がコリメートレンズ42により帯状の平行光（断面線状の平行光）とされ、反射ミラー43を介して光学素子44に入射される。本実施の形態では、例えば、この光学素子44として、単位素子が1次元状に10000個配置されたものを用いる。各単位素子の光学特性として図2に示す特性を有するものを用いることができ、この場合、当該光学素子44は、入射角度が約50度となるように光軸に対して傾けて配置される（図7では、便宜上、光軸に対して垂直に配置されているように示している）。光変調素子としての光学素子44の各単位素子の駆動・非駆動（すなわち、入射光の透過光のオンオフ）は、印刷画像信号に回答して駆動制御部46から与えられる制御信号により、それぞれ独立して制御される。これにより、光学素子44に入射した帯状の平行光は変調される。光学素子44を透過した変調光は、感光ドラム45に照射される。その後、図面には示していないが、感光ドラム45に形成された電位像に応じたトナーが紙に転写されて定着される。

【0068】なお、本実施の形態においても、光学素子44の透過光を変調光として用いるように構成されているが、逆に反射光を変調光として用いるように構成してもよい。

【0069】以上、本発明の各実施の形態について説明したが、本発明はこれらの実施の形態に限定されるものではない。

【0070】例えば、本発明による光学素子は、投射型表示装置やレーザプリンタ装置のみならず、他の種々の装置において用いることができる。

【0071】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、入射光の光量の制約が小さく、かつ、光照射で生ずる構造体の発熱が生じて経時変化が少ない光学素子及びその製造方法並びに当該光学素子を用いた装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態による光学素子の動作原理を模式的に示す概略断面図である。

【図2】図1に示す光学素子の光学特性の一例を示す図である。

【図3】図1に示す光学素子の製造工程を示す概略図である。

【図4】図3に示す工程に引き続く工程を示す概略図である。

【図5】図3及び図4に示す製造方法により得られる図1に示す光学素子の具体的な構造の例を示す概略図である。

【図6】本発明の一実施の形態による投射型表示装置を示す概略構成図である。

THIS PAGE BLANK (USPTO)

13

14

【図7】本発明の一実施の形態によるレーザプリンタ装置を示す概略構成図である。

【図8】従来の光学素子の概略断面構造を模式的に示す図である。

【符号の説明】

11 基板

*

* 12 薄膜

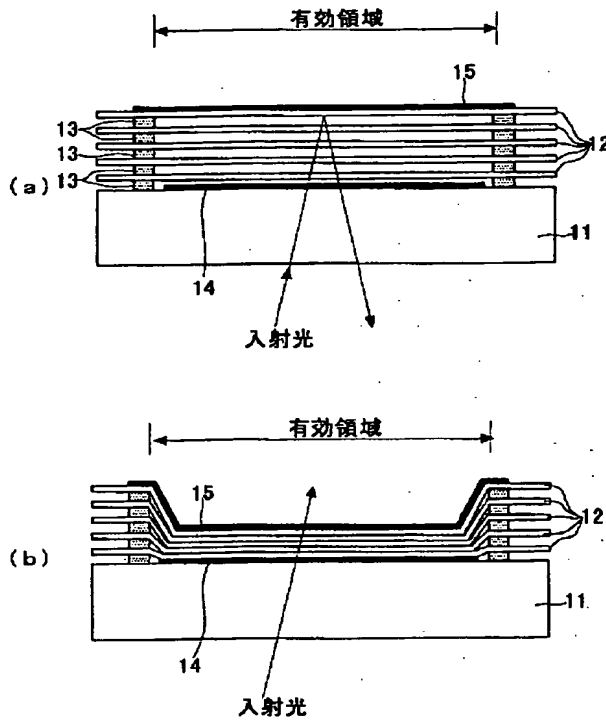
13 支持部

14, 15 電極層

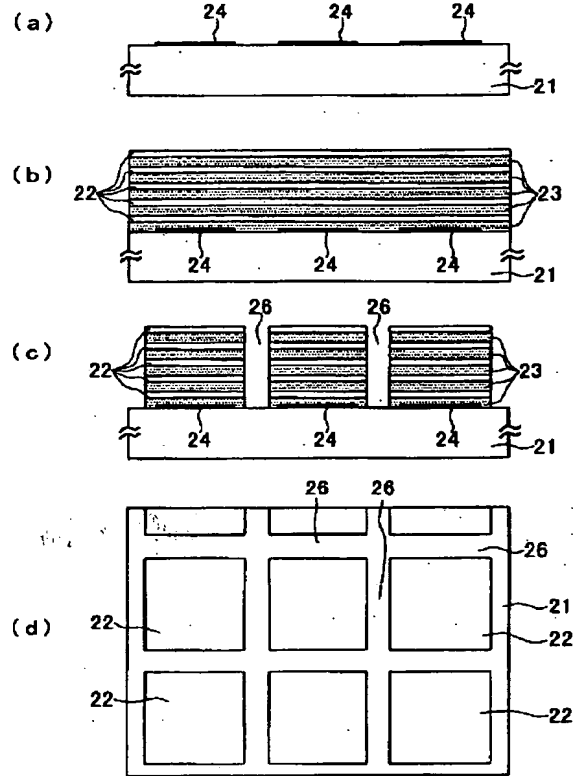
34, 44 光学素子

45 感光ドラム

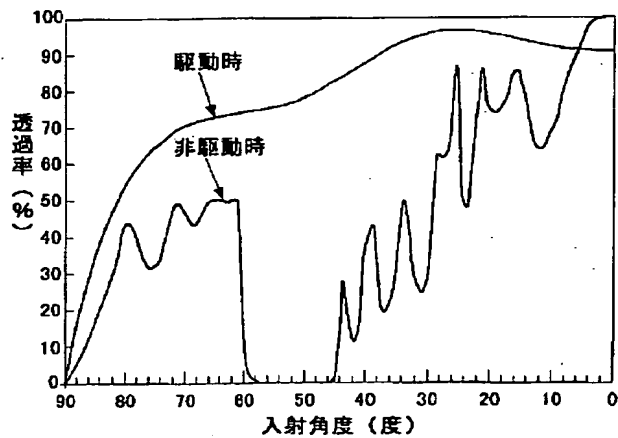
【図1】



【図3】

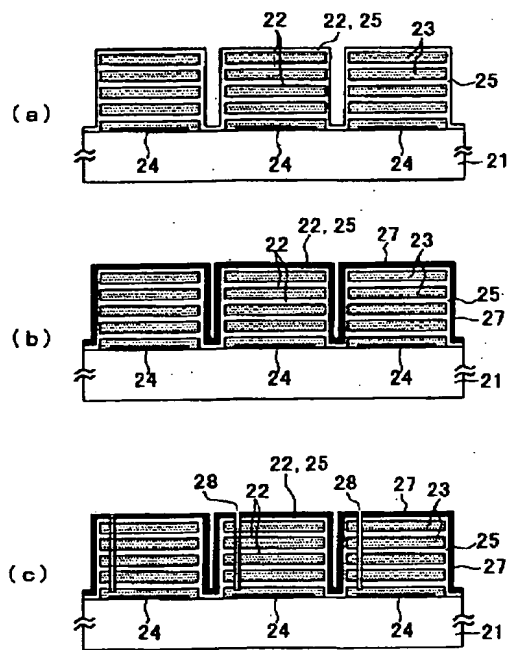


【図2】

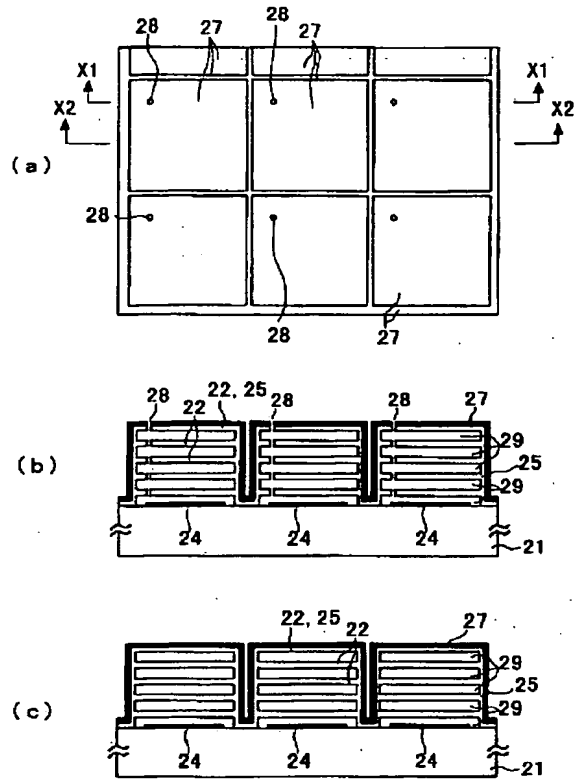


THIS PAGE BLANK (USPTO)

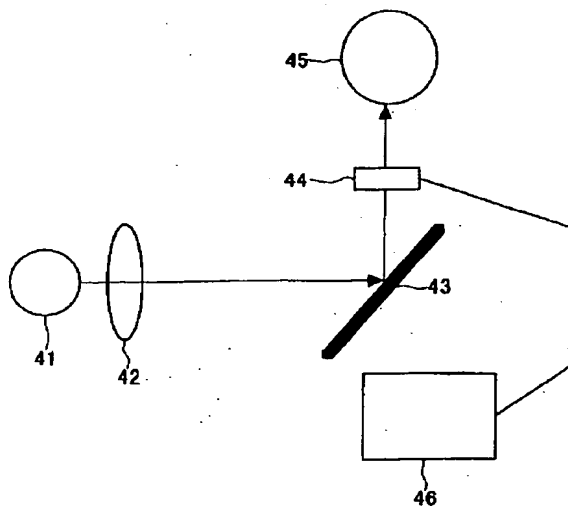
【図4】



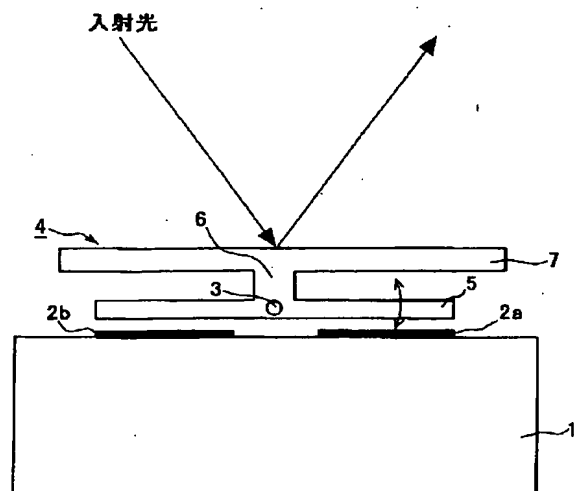
【図5】



【図7】

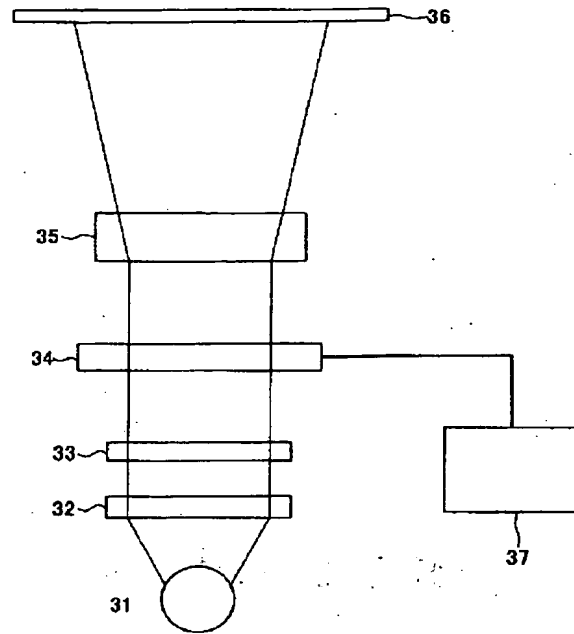


【図8】



THIS PAGE BLANK (USPTO)

【図6】



THIS PAGE BLANK (USPTO)